

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-273470

(43)Date of publication of application : 26.09.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/323

(21)Application number : 2003-001255

(71)Applicant : SHARP CORP
SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 07.01.2003

(72)Inventor : TAKATANI KUNIHIRO
ITO SHIGETOSHI
YUASA TAKAYUKI
TANETANI MOTOTAKA
MOTOKI KENSAKU

(30)Priority

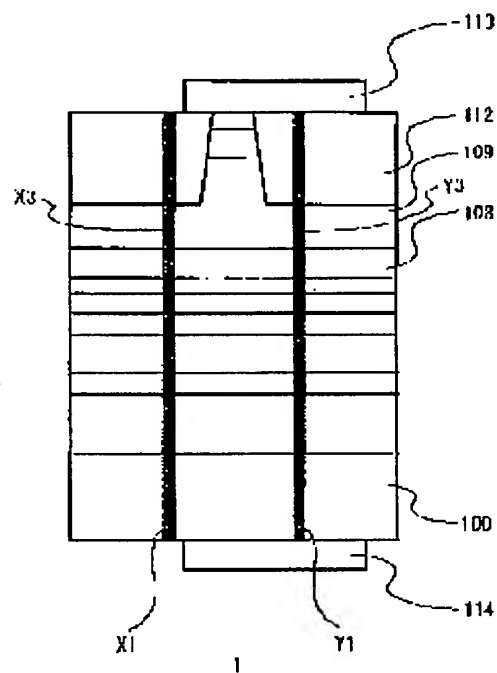
Priority number : 2002003004 Priority date : 10.01.2002 Priority country : JP

(54) III-GROUP NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nitride semiconductor laser element including a III-group nitride semiconductor as a substrate which exhibits an excellent operation characteristic and assures a longer laser oscillation life.

SOLUTION: A laser beam guiding region of the III-group nitride semiconductor laminated layer structure on a GaN substrate is provided at the position deviated from the upper side of a relocation concentrated region vertically penetrating the substrate. Moreover, electrodes provided on the upper surface of the laminated layer structure and the lower surface of the substrate are provided at positions deviated from the upper and lower sides of the relocation concentrated region. It is also possible that dielectric material layers are provided at upper and lower portions of the relocation concentrated region between the upper surface of laminated layer structure and the lower surface of substrate, and the electrodes are not in contact with the positions.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.08.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.10.2006

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2006-028546

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 24.11.2006

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-273470

(P2003-273470A)

(43) 公開日 平成15年9月26日 (2003.9.26)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 S 5/323

識別記号

6 1 0

F I

H 0 1 S 5/323

ターマコード* (参考)

6 1 0 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-1255 (P2003-1255)

(22) 出願日 平成15年1月7日 (2003.1.7)

(31) 優先権主張番号 特願2002-3004 (P2002-3004)

(32) 優先日 平成14年1月10日 (2002.1.10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 高谷 邦啓

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
シャープ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫 (外2名)

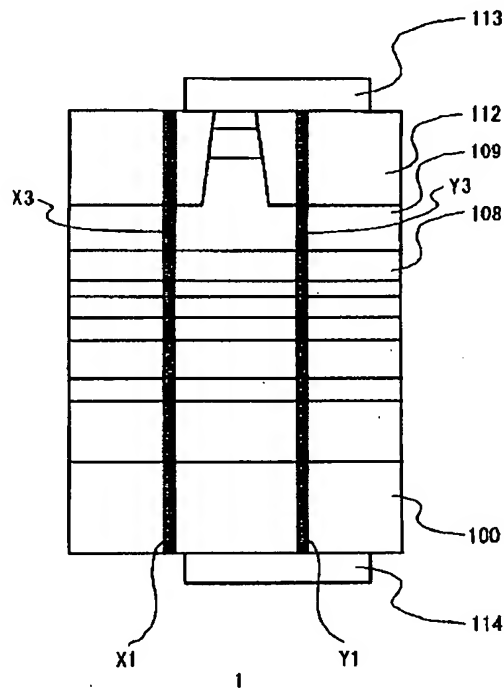
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 I I I 族窒化物半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【課題】 基板としても I I I 族窒化物半導体を備える窒化物半導体レーザ素子であって、動作特性に優れ、レーザ発振寿命の長いものを提供する。

【解決手段】 GaN 基板上の I I I 族窒化物半導体積層構造のうちレーザ光導波領域を、基板を上下方向に貫通する転位集中領域の上方から外れた位置に設けるとともに、積層構造上面および基板下面に設ける電極をそれぞれ転位集中領域の上方および下方から外れた位置に設ける。積層構造上面および基板下面のうち転位集中領域の上方および下方に位置する部位に誘電体層を設けて、これらの部位に電極が接触しないようにする構成もある。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 III 族窒化物半導体より成る基板と、
基板の上面に設けられた III 族窒化物半導体より成る
積層構造と、積層構造の上面に設けられた電極を備える
半導体レーザ素子であって、

基板がその下面から上面に達する転位集中領域と転位集
中領域を除く部位である低転位領域とを有し、
積層構造が基板の低転位領域の上方のみに位置するスト
ライプ状のレーザ光導波領域を有し、
電極が基板の低転位領域の上方のみに位置することを特
徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 2】 III 族窒化物半導体より成る基板と、
基板の上面に設けられた III 族窒化物半導体より成る
積層構造と、基板の下面に設けられた電極を備える半導
体レーザ素子であって、

基板がその下面から上面に達する転位集中領域と転位集
中領域を除く部位である低転位領域とを有し、
積層構造が基板の低転位領域の上方のみに位置するスト
ライプ状のレーザ光導波領域を有し、
電極が基板の低転位領域の下方のみに位置することを特
徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 3】 III 族窒化物半導体より成る基板と、
基板の上面に設けられた III 族窒化物半導体より成る
積層構造を備える半導体レーザ素子であって、

基板がその下面から上面に達する転位集中領域と転位集
中領域を除く部位である低転位領域とを有し、
積層構造が基板の低転位領域の上方のみに位置するスト
ライプ状のレーザ光導波領域を有し、

基板の下面のうち転位集中領域の下方に位置する部位
と、積層構造の上面のうち基板の転位集中領域の上方に
位置する部位とに、それぞれ電流遮断層を備えることを
特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 4】 III 族窒化物半導体より成る基板と、
基板の上面に設けられた III 族窒化物半導体より成る
積層構造を備える半導体レーザ素子であって、

基板がその下面から上面に達する転位集中領域と転位集
中領域を除く部位である低転位領域とを有し、
積層構造が基板の低転位領域の上方のみに位置するスト
ライプ状のレーザ光導波領域を有し、

積層構造の内部のうち基板の転位集中領域の上方に位置
する部位に電流遮断層を備えることを特徴とする半導体
レーザ素子。

【請求項 5】 基板の転位集中領域が、上方から見て、
積層構造のレーザ光導波領域と略平行なストライプ状で
あることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいづ
れか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 6】 電流遮断層が SiO_2 、 SiN 、 SiO 、 ZnO 、 PbO 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 CeO_2 、 HfO_2 、 Al_2O_3 、 Bi_2O_3 、 Cr_2O_3 、 In_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Sb_2O_3 、 Ta_2O_5 、 Y_2O_3 、 AlF_3 、 Ba

F_2 、 CeF_2 、 CaF_2 、 MgF_2 、 NdF_3 、 PbF_2 、
 SrF_2 、 ZnS および ZnSe のうちの少なくとも 1
種類を含む誘電体から成ることを特徴とする請求項 3、
請求項 4、または請求項 3 もしくは請求項 4 のいずれか
1 項を引用する請求項 5 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 7】 電流遮断層の厚さが 1 nm 以上かつ $1\text{ }\mu\text{ m}$
以下であることを特徴とする請求項 3、請求項 4、ま
たは請求項 3 もしくは請求項 4 のいずれか 1 項を引用す
る請求項 5 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 8】 電流遮断層の幅が $5\text{ }\mu\text{ m}$ 以上かつ $300\text{ }\mu\text{ m}$
以下であることを特徴とする請求項 3 または請求項
4 のいずれか 1 項を引用する請求項 5 に記載の半導体レ
ーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、III 族窒化物半
導体から成る半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ (ただし、
 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$)
で表わされる III 族窒化物半導体は、大きなエネ
ルギーバンドギャップと高い熱的安定性を有し、またそ
の組成を調節することによってバンドギャップ幅を制御
することも可能である。このことから、発光素子や高温
デバイスをはじめとして、さまざまな半導体デバイスに
応用開発が進められている。

【0003】発光素子としては、青から緑の光波長域で
数 cd 級の光度を有する発光ダイオード (LED) が既
に実用化されており、また、レーザダイオード (LD)
としても、実用化に向けて開発が進められている段階に
ある。レーザダイオードについては、開発当初より、サ
ファイア等の比較的入手しやすい絶縁性基板を使用する
ことが試みられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしサファイア基板
を使用した素子では、基板とエピタキシャル層との大き
な格子不整合 (サファイア C 面と GaN 結晶で約 14
) から生じる格子歪や、エピタキシャル層中に導入さ
れる高密度の転位欠陥 ($10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$) が素子
寿命をはじめとする特性に悪影響を及ぼしてきた。ま
た、半導体レーザ素子の基板としてサファイアを用いる
と、基板とエピタキシャル層の劈開方向が異なるため、
共振器端面を形成する際に一般的な手法である劈開法を
採用すると、良好な端面が得にくいといった問題もあ
る。

【0005】これらの問題点を回避するため、サファイ
ア以外、例えば SiC 等を基板として使用する試みもあ
る。しかし、基板の大きさや入手のし易さ、格子不整合
等については本質的な改善には至っていない。

【0006】本発明者は、基板とエピタキシャル層の

格子不整合の解消や欠陥低減、良好な結晶性等の観点から、エピタキシャル層と同様 I I I 族窒化物半導体である GaN を基板として使用した素子の開発を行っている。

【0007】その結果、窒化物半導体レーザ素子の特性を大きく向上させることが可能になったが、GaN 基板を用いても、常に良好な窒化物半導体レーザ素子が得られるとは限らず、動作電流が次第に増大したり、特性が急激に低下したりすることがあることも判明した。本発明者らがその原因について仔細に調査を行ったところ、GaN 基板の製造にはいくつかの方法があり、それぞれの方法で製造される基板は構造的・品質的に異なるため、その影響が基板上の積層構造に現れて、窒化物半導体レーザ素子の特性を大きく左右していることが明らかになった。

【0008】本発明は、基板としても I I I 族窒化物半導体を備える窒化物半導体レーザ素子であって、素子の構造をそれぞれの基板に対して最適化することによって、動作特性に優れ、レーザ発振寿命の長いものを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、I I I 族窒化物半導体より成る基板と、基板の上面に設けられた I I I 族窒化物半導体より成る積層構造と、積層構造の上面に設けられた電極を備える半導体レーザ素子は、基板がその下面から上面に達する転位集中領域と転位集中領域を除く部位である低転位領域とを有し、積層構造が基板の低転位領域の上方のみに位置するストライプ状のレーザ光導波領域を有し、電極が基板の低転位領域の上方のみに位置する構成とする。

【0010】この半導体レーザ素子は、I I I 族窒化物半導体より成る基板を備え、基板には上下方向に貫通する転位集中領域が存在するが、I I I 族窒化物半導体より成る積層構造に含まれるレーザ光導波領域は、転位集中領域の上方には位置せず、転位集中領域以外の部位である低転位領域の上方に位置する。したがって、基板の転位集中領域の影響が積層構造に及んで、積層構造内の転位集中領域の上方の部位に欠陥が生じたとしても、レーザ光導波領域は、その欠陥から外れることになり、良好な特性を有するものとなる。

【0011】また、積層構造の上面に設けられた電極も、転位集中領域の上方ではなく低転位領域の上方に位置しているから、転位集中領域の上方の部位の欠陥が積層構造の上面に達して露出したとしても、その部位から外れることになる。このため、電流が基板の転位集中領域やその上に生じる可能性のある積層構造内の欠陥の部位を流れるのを防止することができ、動作電流の増大によるレーザ光導波領域の劣化が抑えられる。

【0012】本発明ではまた、I I I 族窒化物半導体よ

り成る基板と、基板の上面に設けられた I I I 族窒化物半導体より成る積層構造と、基板の下面に設けられた電極を備える半導体レーザ素子は、基板がその下面から上面に達する転位集中領域と転位集中領域を除く部位である低転位領域とを有し、積層構造が基板の低転位領域の上方のみに位置するストライプ状のレーザ光導波領域を有し、電極が基板の低転位領域の下方のみに位置する構成とする。

【0013】この半導体レーザ素子の基板にも上下方向に貫通する転位集中領域が存在するが、レーザ光導波領域は、転位集中領域の上方ではなく低転位領域の上方に位置しているため、積層構造内の転位集中領域の上方の部位に欠陥が生じたとしても、その欠陥から外れることになって、良好な特性を有する。基板の下面には転位集中領域の下端が露出するが、基板の下面に設けられた電極は、転位集中領域の下方ではなく低転位領域の下方に位置しているから、転位集中領域が露出した部位から外れる。したがって、電流が転位集中領域を流れるのを防止することができ、動作電流の増大によるレーザ光導波領域の劣化が抑えられる。

【0014】本発明ではまた、I I I 族窒化物半導体より成る基板と、基板の上面に設けられた I I I 族窒化物半導体より成る積層構造を備える半導体レーザ素子は、基板がその下面から上面に達する転位集中領域と転位集中領域を除く部位である低転位領域とを有し、積層構造が基板の低転位領域の上方のみに位置するストライプ状のレーザ光導波領域を有し、基板の下面のうち転位集中領域の下方に位置する部位と、積層構造の上面のうち基板の転位集中領域の上方に位置する部位とに、それぞれ電流遮断層を備える構成とする。

【0015】この半導体レーザ素子の基板にも上下方向に貫通する転位集中領域が存在するが、レーザ光導波領域は、転位集中領域の上方ではなく低転位領域の上方に位置しているため、積層構造内の転位集中領域の上方の部位に欠陥が生じたとしても、その欠陥から外れることになって、良好な特性を有する。また、基板の下面には転位集中領域の下端が露出するが、基板下面のこの部位には電流遮断層が備えられているため、基板の下面に設ける電極の一部がこの部位に位置したとしても、電極と転位集中領域との間を流れる電流はない。

【0016】さらに、転位集中領域の上方に生じた欠陥が積層構造の上面に達して露出したとしても、積層構造上面のこの部位には電流遮断層が備えられているため、積層構造の上面に設ける電極の一部がこの部位に位置するときでも、電極と積層構造内の欠陥の部分との間を流れる電流はない。したがって、基板の転位集中領域や生じる可能性のある積層構造内の欠陥の部位を電流が流れるのを防止することができ、動作電流の増大によるレーザ光導波領域の劣化が抑えられる。

【0017】本発明ではまた、I I I 族窒化物半導体よ

り成る基板と、基板の上面に設けられたⅢⅢ族窒化物半導体より成る積層構造を備える半導体レーザ素子は、基板がその下面から上面に達する転位集中領域と転位集中領域を除く部位である低転位領域とを有し、積層構造が基板の低転位領域の上方のみに位置するストライプ状のレーザ光導波領域を有し、積層構造の内部のうち基板の転位集中領域の上方に位置する部位に電流遮断層を備える構成とする。

【0018】この半導体レーザ素子の基板にも上下方向に貫通する転位集中領域が存在するが、レーザ光導波領域は、転位集中領域の上方ではなく低転位領域の上方に位置しているため、積層構造内の転位集中領域の上方の部位に欠陥が生じたとしても、その欠陥から外れることになり、良好な特性を有する。また、積層構造内のうち転位集中領域の上方の部位には電流遮断層が備えられているため、この部位に欠陥が生じたとしても、電流はこの部位を流れない。したがって、電流が基板の転位集中領域や生じる可能性のある積層構造内の欠陥の部位を流れるのを防止することができ、動作電流の増大によるレーザ光導波領域の劣化が抑えられる。

【0019】基板の転位集中領域は、上方から見て、積層構造のレーザ光導波領域と略平行なストライプ状とするとよい。転位集中領域をこのような形状とすることで、レーザ光導波領域の形成が容易になる。また、電極や電流遮断層の形成も容易になる。

【0020】電流遮断層は SiO_2 、 SiN 、 SiO 、 ZnO 、 PbO 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 CeO_2 、 HfO_2 、 Al_2O_3 、 Bi_2O_3 、 Cr_2O_3 、 In_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Sb_2O_3 、 Ta_2O_5 、 Y_2O_3 、 AlF_3 、 BaF_2 、 CeF_2 、 CaF_2 、 MgF_2 、 NdF_3 、 PbF_2 、 SrF_2 、 ZnS および ZnSe のうちの少なくとも1種類を含む誘電体とすることができる。

【0021】電流遮断層の厚さは1nm以上かつ1 μm 以下とするのが好ましい。この範囲内の厚さとするので、確実に電流を遮断するとともに、ひび割れや剥がれ等の機械的欠陥が生じるのを避けることができる。

【0022】転位集中領域をレーザ光導波領域と略平行なストライプ状とする場合、電流遮断層の幅は5 μm 以上かつ300 μm 以下とするのが好ましい。この範囲内の幅とすることで、転位集中領域や積層構造内に生じる可能性のある欠陥の部分の電流を確実に遮断しながら、電流遮断層がレーザ光導波領域に導くべき電流の妨げになるのを容易に避けることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態の説明に先立ち、各実施形態の半導体レーザ素子で用いるGaN基板について、図14～図17を参照しながら、その作製方法を含めて説明する。なお、結晶の面や方位を示す指数が負の場合、絶対値の上に横線を付して表記するのが結晶学の決まりであるが、本明細書では、そのような表記

ができないため、絶対値の前に負号「-」を付して負の指数を表す。

【0024】図14は作製中のGaN基板の一部を拡大して模式的に示す縦断面図であり、図15はその全体を模式的に示す斜視図である。まず、適切なウェハ表面にストライプ状のマスキングを周期的に施した支持基体21を準備する。ここではウェハとして(111)面を表面とする2インチGaAsウェハ、マスクとして SiO_2 を使用した。次に、HVPE法(Hydride Vapor Phase Epitaxy)により、n型GaN層22を、ファセット{11-22}面23が成長中の表面に主として表出するように、[0001]方向に成長させる。その結果、図14に示すように、表面の断面は鋸歯状の凹凸形状となる。凸部の頂点付近には{0001}面25が表出した部分がストライプ状に現れた。

【0025】上記凹凸形状は図14の奥行き方向に畝状に伸びており、凹凸のピッチは最初に支持基体21に形成した SiO_2 マスクの配置形状により規定される。即ち、凹凸形状の凹部下方には SiO_2 マスクが存在しており、凸部から垂線を支持基体21に下ろすと、 SiO_2 マスクの開口部のほぼ中心位置を横切る線となる。ここでは、 SiO_2 マスクの形状を400 μm ピッチの周期構造としており、したがって、凹凸形状のピッチも同じく約400 μm ピッチとなっている。また、マスク開口部とn型GaN層22の[1-100]方向はほぼ平行になっている。

【0026】なお、この例では、 SiO_2 マスクをストライプ状としたため、n型GaN層22表面の凹凸形状も畝状になっているが、マスク形状は帯状に限られるものではなく、ドット形状とすることもできる。その場合のn型GaN層22の表面形状は、マスクの上方に位置する部分が底となるすり鉢状の凹みが並んだものとなり、すり鉢の斜面部分にはファセット{11-22}面が表出することになる。ファセット{11-22}面が表出した状態で、結晶成長を持続させる手法(成長条件)については、本出願人が先に出願した特願平11-273882号に詳細に開示している。なお、成長時に酸素をドーピングすることで、成長する結晶の導電型をn型とした。

【0027】表面上記の凹凸形状を有する成長モードを保ったまま、さらにn型GaN層の結晶成長を続けることで、図15に示すように、基体21上に高さ30mmのインゴットを作製した。図15において、インゴット上面の細かい線は、表面の畝の様子を模式的に表記したものである。

【0028】このインゴットを、スライサーにより切断加工して薄片とし、さらにその薄片を研磨して、表面が平坦な2インチ(約5cm)径、厚さ350 μm のウェハに加工して、n型GaN基板10とする。ウェハの表面は、後に行うエピタキシャル成長のために、鏡面に研

磨する。この表面はほぼ(0001)面としたが、表面上にエピタキシャル成長させる窒化物半導体層のモフォロジを比較すると、(0001)面から任意の方向に $0.2 \sim 1^\circ$ の範囲のオフ角度を有していることが望ましく、特に $0.4 \sim 0.8^\circ$ の範囲でモフォロジが最良となる。図16および図17に、得られたn型GaN基板10の一部分の縦断面図および上面図をそれぞれ示す。

【0029】次に、n型GaN基板10の評価を行った。まず、基板表面を光学顕微鏡で詳細に観察したところ、研磨加工された表面は必ずしも平坦でなく、n型GaN層22の結晶成長時に凹部の最底部24(図14)が生じていた部分に対応するストライプ状の領域がやや窪んでいた。これは図17では部位X2にあたる。

【0030】さらに、 250°C の硫酸およびリン酸の混酸によりn型GaN基板10の表面を処理し、表出したエッチピットを観察したところ、前述の窪みに対応するストライプ状の領域に多数のエッチピットが観測され、ここは転位(欠陥)が極めて集中している領域であることが判明した。転位が集中した部分は機械的強度が他の部位よりも劣るため、研磨工程におけるダメージを受け易く、結果的に基板表面に窪みが生じたものと考えられる。

【0031】なお、転位が集中したストライプ状の領域の幅は約 $5 \sim 40 \mu\text{m}$ であり、この部分のエッチピット密度は $10^5 \sim 10^9$ 個/ cm^2 と極めて大きくなっていた。一方、このストライプ状の領域以外の部位のエッチピット密度は $10^2 \sim 10^6$ 個/ cm^2 と低く抑えられていた。この結果が示すように、図14と図16の部位X1は、周囲と比較して転位密度が大きくなっている部分であり、本明細書では「転位集中領域」と呼称する。図17の部位X2は、この転位集中領域X1が表面に露出した部分である。

【0032】また、n型GaN基板10に紫外線を照射し、表面からの蛍光発光を顕微鏡を用いて観察した(蛍光顕微鏡観察)。観察の結果、転位集中領域X1に挟まれた領域の中央に、比較的はっきりとした境界を持ち、周囲とコントラストが異なるストライプ状の発光を示す部分が確認された。この発光部分は周囲よりも蛍光発光強度が強く、やや黄色がかって明るく観察された。この部分は、n型GaN層22の結晶成長時に{0001}面が表出しつつ成長していた部分25(図14)に該当し、図17の部位Y2である。

【0033】この部分の幅はやや揺らぎを有するが、広いところで $30 \mu\text{m}$ の程度であった。幅が揺らぐ原因は、n型GaN層22の結晶成長時に、凸部25の成長が必ずしも均一に進行するのではないためと考えられる。また、蛍光発光が周囲と異なって観察されるのは、ドーパントの取込まれ具合が周囲と異なる等の理由が推測される。

【0034】なお、この異なる蛍光発光を示す部分は、インゴットの製作条件や、切り出されるウェハのインゴット内における位置関係(支持基体21からの距離)によってはほとんど形成されないこともある。これらの事実から、本明細書では部位Y2を「高ルミネセンス領域」と呼称する。この高ルミネセンス領域は、n型GaN基板10の断面を示す図14、図16では、部位Y1に該当する。

【0035】以下に述べる各実施形態の半導体レーザ素子は、上記のように転位集中領域X1および高ルミネセンス領域Y1を有するn型GaN基板上にIII族窒化物半導体の積層構造を設けたものであり、特に、転位集中領域X1の存在を考慮したものである。なお、各実施形態では SiO_2 マスクを $400 \mu\text{m}$ ピッチの周期的なストライプ状として作製した基板を用いており、したがって、転位集中領域X1、高ルミネセンス領域Y1のいずれも $400 \mu\text{m}$ ピッチで存在する。

【0036】<第1の実施形態>第1の実施形態の半導体レーザ素子1の構造を図3の縦断面図に模式的に示し、その作製工程の途中における層構造を図1および図2の縦断面図に模式的に示す。なお、各図においては、基板の転位集中領域X1と高ルミネセンス領域Y1も表している。

【0037】半導体レーザ素子1は、次のようにして作製した。まず、上記のように製作したn型GaN基板100上に、MOCVD(Metalorganic Chemical Vapor Deposition)法を用いて、 $3 \mu\text{m}$ のn型GaN層102、 40nm のn型 $\text{In}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}$ Nクラック防止層103、 $1.2 \mu\text{m}$ のn型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}$ Nクラッド層104、 $0.1 \mu\text{m}$ のn型GaN光ガイド層105、 4nm の $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}$ N井戸層と 8nm の $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}$ N障壁層から成る3重量子井戸活性層106(障壁層/井戸層/障壁層/井戸層/障壁層/井戸層/障壁層)、 20nm のp型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}$ Nキャリアブロック層107、 $0.1 \mu\text{m}$ のp型GaN光ガイド層108、 $0.5 \mu\text{m}$ のp型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}$ Nクラッド層109、 $0.1 \mu\text{m}$ のp型GaN第1コンタクト層110、 50nm のp型 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}$ N第2コンタクト層111を順次結晶成長し、積層構造101を形成した(図1)。

【0038】このIII族窒化物半導体積層構造101の断面を透過型電子顕微鏡で観察したところ、積層構造101の内部に転位(欠陥)が集中した領域が存在する場合があることが判明した。この転位の集中した領域は、n型GaN基板100の転位集中領域X1の上方に位置し、n型GaN層102の下面からp型 InGaIn 第2コンタクト層111の上面に達していた。また、積層構造101の断面を蛍光顕微鏡観察したところ、周囲よりも蛍光発光強度が強く、やや黄色がかって明るく観察される領域が存在する場合があることも判明した。こ

の蛍光発光の強い領域は、基板 100 の高ルミネセンス領域 Y1 の上方に位置し、やはり、n 型 GaN 層 102 の下面から p 型 InGaIn 第 2 コンタクト層 111 の上面に達していた。

【0039】積層構造 101 内部の転位の集中した領域と蛍光発光の強い領域は、基板 100 の転位集中領域 X1 と高ルミネセンス領域 Y1 にそれぞれ連なっており、転位集中領域 X1 や高ルミネセンス領域 Y1 の影響が及んで生じたものと考えられる。以下、積層構造 101 内部の転位の集中した領域を、基板 100 のものと同様に「転位集中領域」と呼称して、X3 で表し、積層構造 101 内部の蛍光発光の強い領域を、基板 100 のものと同様に「高ルミネセンス領域」と呼称して、Y3 で表す。

【0040】転位集中領域 X3 が存在する場合に、その位置を考慮することなくレーザ光導波領域を設けると、レーザ光導波領域が転位集中領域 X3 を含んでしまうことになり、当然、その特性は良好にはならない。また、転位集中領域 X3 や転位集中領域 X1 には電流が流れやすく、露出した欠陥集中領域 X3、X1 に電極が触れると、動作電流の増大を招く。さらに、積層構造 101 上に設ける電極が露出した転位集中領域 X3 に接触すると、電極の材料である金属が転位集中領域 X3 を介して積層構造 101 内に拡散しやすくなり、積層構造 101 を成す各層の特性に変化をもたらす。GaN 基板上に III 族窒化物半導体を積層して作製した従来の半導体レーザ素子で、動作電流が次第に増大したり特性が急激に低下したりする現象が見られたのは、これらが原因となった可能性が高い。

【0041】そこで、本実施形態の半導体レーザ素子 1 では、以下に述べるように、レーザ光導波領域を転位集中領域 X3 から離れた位置に設け、また、電極も転位集中領域 X3 や転位集中領域 X1 から離れた位置に設けるようにしている。高ルミネセンス領域 Y3 も、周囲とは特性が異なり、レーザ光導波領域を設けるのに適しているとはいえないから、レーザ光導波領域は高ルミネセンス領域 Y3 からも離れた位置に設けるようにしている。

【0042】なお、積層構造 101 の内部に常に転位集中領域 X3 や高ルミネセンス領域 Y3 が生じるとは限らない。後述するように、半導体レーザ素子をチップ単位に分割する際に、転位集中領域 X3 や高ルミネセンス領域 Y3 をチップ内部に存在しないように切断することができるが、ここでは、転位集中領域 X3 や高ルミネセンス領域 Y3 が生じたと仮定して、これらを図 1～図 3 に示している。

【0043】図 1 に示す積層構造 101 を形成した後、図 2 に示すように、基板 100 の転位集中領域 X1 と高ルミネセンス領域 Y1 との中央部の上方に、リッジ構造を周期的に形成した。このリッジ構造の下方の部位がレーザ光導波領域に相当することになる。リッジ構造は、

p 型第 2 コンタクト層 111 の上面から p 型クラッド層 109 の途中までをドライエッチングにより掘り下げ、エッチング除去された部分に Al_{0.1}Ga_{0.9}N 層 112 を再成長して埋め込むことにより形成した。以下、再成長させた Al_{0.1}Ga_{0.9}N 層 112 を埋め込み層という。なお、Al_{0.1}Ga_{0.9}N 埋め込み層 112 は n 型でも i 型でもよい。

【0044】その後、リフトオフ技術あるいはエッチング技術を用いて、p 型電極 113 および n 型電極 114 を形成した。その際、図 3 に示すように、電極 113、114 は、基板 100 の転位集中領域 X1 の上方や下方から外れる位置に形成した。

【0045】こうして得られた半導体レーザ素子 1 では、レーザ光導波領域が、積層構造 101 の転位集中領域 X3 と高ルミネセンス領域 Y3 の中央に位置することになり、優れた特性を有することになる。また、積層構造 101 の転位集中領域 X3 が埋め込み層 112 の上面に達して露出していたとしても p 型電極 113 がこれに接触することではなく、電極 113 と転位集中領域 X3 の間を流れる電流は生じないし、電極 113 の材料金属の積層構造 101 内への拡散も抑えられる。基板 100 の下面には転位集中領域 X1 が露出するが、n 型電極 114 がこれに接触することもなく、電極 114 と転位集中領域 X1 の間を流れる電流も生じない。したがって、半導体レーザ素子 1 では、動作電流の増大やこれに起因するレーザ光導波領域の劣化が生じ難くなっており、安定した動作特性が得られ、レーザ発振寿命も長くなる。

【0046】半導体レーザ素子 1 の作製においては、レーザ光導波領域や電極 113、114 の位置の基準として、積層構造 101 の転位集中領域 X3 や高ルミネセンス領域 Y3 そのものではなく、基板 100 の転位集中領域 X1 や高ルミネセンス領域 Y1 を採用している。積層構造 101 の転位集中領域 X3 や高ルミネセンス領域 Y3 は基板 100 の転位集中領域 X1 や高ルミネセンス領域 Y1 の上方に位置するから、このようにしても、レーザ光導波領域や電極 113、114 を所望の位置に設定することができる。また、基板 100 の転位集中領域 X1 や高ルミネセンス領域 Y1 の位置は、基板 100 の作製時に設けた SiO₂ マスクの位置から特定することができる。

【0047】積層構造 101 の転位集中領域 X3 や高ルミネセンス領域 Y3 の位置を顕微鏡観察等により確認しておき、これを基準として直接レーザ光導波領域や電極 113、114 の位置を定めてもよいが、基板 100 の転位集中領域 X1 や高ルミネセンス領域 Y1 の位置を基準とする方が効率が良い。転位集中領域 X3 や高ルミネセンス領域 Y3 が発生していないときは、レーザ光導波領域や電極 113、114 の位置を上記のように設定することに特に意味はないが、それらが発生していた場合のために、レーザ光導波領域や電極 113、114 を常

に基板 100 の転位集中領域 X1 や高ルミネセンス領域 Y1 の上方や下方から外れる位置に設定するのがよい。

【0048】電極 113、114 の形成にエッチング技術を用いる場合には、一旦埋め込み層 112 の上面あるいは n 型 GaN 基板 10 の下面の全体に p 型電極あるいは n 型電極を成膜し、その後所定の部分をエッチング除去する。このため、一度は転位集中領域 X3、X1 を電極金属が覆うことになる。しかし、前述の転位集中領域 X3 を介した電極金属の半導体層への拡散現象は、主として素子構造完成後の通電時点が発生するので、電極形成プロセス中に転位集中領域 X3 が一度覆われることは、素子特性上問題を引き起こすことはない。

【0049】また、図 3 から分かるように、半導体レーザ素子 1 は、素子構造として重要なリッジ構造周辺の外側に転位集中領域 X3 を追い出したような構成になっている。このため、半導体レーザ素子をチップ単位に分割する場合には、この転位集中領域 X3 を境界として切断すればよい。転位集中領域 X3 は機械的強度が周囲より劣るため、硬度の高い III 族窒化物半導体であっても容易に分割することができる。分割された端面に露出した転位集中領域 X3 の部分は、ウェットエッチングや研磨などにより除去すれば、チップのエッジ部分を介して流れるリーク電流も抑止でき、素子特性向上に効果が高い。または、リッジ構造と転位集中領域 X3 の間の部分で分割し、転位集中領域 X3 そのものをチップ内部から追い出してしまえば、転位集中領域 X3 を介して流れるリーク電流を、未然に防止することができる。

【0050】＜第 2 の実施形態＞第 2 の実施形態の半導体レーザ素子 2 の構造を図 5 の縦断面図に模式的に示し、その作製工程の途中における層構造を図 4 の縦断面図に模式的に示す。本実施形態の半導体レーザ素子 2 は、第 1 の実施形態の半導体レーザ素子 1 を修飾して、埋め込み層 112 の上面うち n 型 GaN 基板 100 の転位集中領域 X1 の上方に位置する部位と、基板 100 の下面のうち転位集中領域 X1 の下方に位置する部位とに誘電体膜 115 を設けたものである。n 型 GaN 基板 100 と積層構造 101 の構成や作製方法は第 1 の実施形態と同様であり、重複する説明は省略する。

【0051】誘電体膜 115 は、図 2 のようにリッジ構造を形成した後、フォトリソグラフィプロセスおよびリフトオフプロセスにより、SiO₂ を用いて形成した（図 4）。誘電体膜 115 の幅は 50 μm、膜厚は 250 nm である。積層構造 101 の内部に発生する転位集中領域 X3 の幅は、基板 100 内の転位集中領域 X1 の幅に略等しく、5 ~ 40 μm であり、埋め込み層 112 上面の誘電体膜 115 は転位集中領域 X3 が露出しているとしてもその全体を覆い、基板 100 下面の誘電体膜 115 も露出した転位集中領域 X1 全体を覆う。

【0052】誘電体膜 115 の形成後、誘電体膜 115、リッジ構造の p 型第 2 コンタクト層 111 および埋

め込み層 112 の上面全体に p 型電極 116 を形成し、n 型 GaN 基板 100 の下面全体に n 型電極 117 を形成した（図 5）。

【0053】電極 116、117 は、誘電体膜 115 によって、転位集中領域 X3 や転位集中領域 X1 から隔てられており、電極 116 と転位集中領域 X3 の間や電極 117 と転位集中領域 X1 の間を流れる電流はなく、また、電極 116 の材料金属が転位集中領域 X3 を介して積層構造 101 の内部に拡散することもない。したがって、半導体レーザ素子 2 も、安定した動作特性を示し、レーザ発振寿命の長い素子となる。

【0054】なお、誘電体膜 115 の材料としては、SiO₂ の他に、SiN、SiO、ZnO、PbO、TiO₂、ZrO₂、CeO₂、HfO₂、Al₂O₃、Bi₂O₃、Cr₂O₃、In₂O₃、Nd₂O₃、Sb₂O₃、Ta₂O₅、Y₂O₃、AlF₃、BaF₂、CeF₂、CaF₂、MgF₂、NdF₃、PbF₂、SrF₂、ZnS、ZnSe 等、あるいはこれらの混合物を用いることもできる。

【0055】また、誘電体膜 115 の厚さは、1 nm ~ 1 μm の範囲、より好ましくは 5 nm ~ 500 nm の範囲であればよい。膜厚が 1 nm より小さいと電流遮断や金属拡散防止の効果が不十分になったり、電圧が印加されたときに絶縁破壊が生じたりすることがあるので好ましくない。また、膜厚を 1 μm より大きくすると、誘電体膜内の応力が大きくなって、膜にひび割れが生じたり、あるいは膜剥れが生じやすくなるのでやはり好ましくない。

【0056】誘電体膜 115 の幅に関しては、転位集中領域 X3 や転位集中領域 X1 の露出部分を完全に覆うようにすればよく、このためには下限はあるものの、特に上限はない。ただし、誘電体膜 115 の幅を過度に大きくすると、レーザ光導波領域に導くべき電流の妨げとなる可能性が生じ、これを避けるためにレーザ光導波領域を設ける位置が制約を受ける。したがって、誘電体膜 115 の幅は 5 ~ 300 μm とするのが好ましい。

【0057】＜第 3 の実施形態＞第 3 の実施形態の半導体レーザ素子 3 の構造を図 8 の縦断面図に模式的に示し、その作製工程の途中における層構造を図 6 および図 7 の縦断面図に模式的に示す。本実施形態の半導体レーザ素子 3 は、第 1 の実施形態の半導体レーザ素子 1 を修飾して、積層構造 101 の内部のうち n 型 GaN 基板 100 の転位集中領域 X1 の上方に位置する部位に誘電体膜 118 を設けたものである。積層構造 101 の他の構成は第 1 の実施形態と同様である。

【0058】誘電体膜 118 はリッジ構造を形成する途中で形成した。すなわち、前述のように、p 型第 2 コンタクト層 111 上面から p 型クラッド層 109 の途中までをドライエッチングにより掘り下げ、p 型 Al_{0.1}Ga_{0.9}N 層 109 を露出させた段階で（図 6）、基板 100 の転位集中領域 X1 の上方に位置する部位に SiO

10

20

30

40

50

膜118を成膜し、その後リッジ構造周辺にAlGaAs N埋め込み層112を再成長させて埋め込んだ(図7)。

【0059】誘電体膜118およびリッジ構造の形成後、リッジ構造のp型第2コンタクト層111と埋め込み層112の上面全体にp型電極116を形成し、n型Ga_{0.5}N基板100の下面のうち転位集中領域X1の下方に位置する部位以外にn型電極114を形成した(図8)。

【0060】誘電体膜118を設けたことにより、AlGaAs埋め込み層112のエピタキシャル成長に転位集中領域X3の影響が及ばなくなり、埋め込み層112には転位集中領域は発生しない。このため、レーザ光導波領域以外を流れるリーク電流は低減され、電極116の材料金属の積層構造101内への拡散も抑えられる。したがって、半導体レーザ素子3も、安定した動作特性を示し、レーザ発振寿命の長い素子となる。

【0061】なお、ここでは誘電体膜118をリッジ構造のエッチング底面に形成したが、他の界面に設けても構わない。例えば、n型InGa_{0.5}Nクラッド層103とn型AlGa_{0.5}Nクラッド層104の界面に設けることもできる。ただし、本実施形態のように誘電体膜118をリッジ構造底面に形成する方が、半導体層の再成長回数を1回で済ませることができて半導体レーザ素子の結晶性が向上するという点と、電極の材料金属の拡散がレーザ光導波領域に及び難いという点の双方で好ましい。誘電体層118の材料、厚さおよび幅については、第2の実施形態で説明したことがそのまま当てはまる。

【0062】<第4の実施形態>第4の実施形態の半導体レーザ素子4の構造を図10の縦断面図に模式的に示し、その作製工程の途中における層構造を図9の縦断面図に模式的に示す。本実施形態の半導体レーザ素子4は、第1の実施形態の半導体レーザ素子1を修飾して、n型Ga_{0.5}N基板100の上面のうち転位集中領域X1の上方に位置する部位に、SiO₂の誘電体膜119を設けたものである。誘電体膜119は積層構造101を形成する前に基板100上に設けておく(図9)。積層構造101の作製工程および構成は第1の実施形態と同様である。

【0063】基板100上に誘電体膜119を設けたことにより、n型Ga_{0.5}N層102のうち誘電体膜119の上方および周辺の部分のモフォロジが多少低下するが、基板100の転位集中領域X1がGa_{0.5}N層102およびその上方の各層のエピタキシャル成長に影響しなくなって、積層構造101内に転位集中領域は発生しない。このため、p型電極116を積層構造101の上面全体に設けたりn型電極117を基板100の下面全体に設けたりしても、リーク電流は生じず、p型電極116の材料金属の積層構造101内への拡散も防止される。したがって、半導体レーザ素子4も、安定した動作特性を示

し、レーザ発振寿命の長い素子となる。なお、誘電体層119の材料、厚さおよび幅については、第2の実施形態で説明したことがそのまま当てはまる。

【0064】<第5の実施形態>第5の実施形態の半導体レーザ素子5の構造を図12の縦断面図に模式的に示し、その作製工程の途中における層構造を図11の縦断面図に模式的に示す。本実施形態の半導体レーザ素子5は、第1の実施形態の半導体レーザ素子1を修飾して、リッジ構造の周囲を埋め込む材料としてAlGa_{0.5}Nではなく誘電体を用い、p型AlGa_{0.5}Nクラッド層109上に誘電体層122を設けたものである。

【0065】誘電体層122の形成後(図11)、リッジ構造のp型第2コンタクト層111と誘電体層122の上面全体にp型電極116を形成し、n型Ga_{0.5}N基板100の下面のうち転位集中領域X1の下方に位置する部位以外にn型電極114を形成した(図12)。

【0066】本実施形態の半導体レーザ素子5では、積層構造101の内部に転位集中領域X3が発生しても、転位集中領域X3は誘電体層122で遮断されてp型電極116には達しない。したがって、半導体レーザ素子1~4と同様に、安定した動作特性を示し、レーザ発振寿命の長い素子となる。

【0067】<比較例>図2に示した第1の実施形態の半導体レーザ素子1の作製途中の層構成を用いて、比較例の半導体レーザ素子9を作製した。この半導体レーザ素子9の構造を図13の縦断面図に模式的に示す。p型電極212は、積層構造101の上面のうち、基板100の転位集中領域X1の上方に位置する部位から高ルミネセンス領域Y1の上方に位置する部位にわたる広い範囲に設けられており、n型電極213も、基板100の下面のうち、転位集中領域X1の下方に位置する部位から高ルミネセンス領域Y1の下方に位置する部位にわたる広い範囲に設けられている。

【0068】各実施形態の半導体レーザ素子1~5および比較例の半導体レーザ素子9それぞれの多くのサンプルについて発光試験を行ったところ、半導体レーザ素子9では、60℃、30mWという条件下で、100時間以内に動作電流が増大する現象がいくつかのサンプルに現れ、レーザ発振寿命が1000時間を越えたサンプルは半数程度にとどまった。これに対し、各実施形態の半導体レーザ素子1~5では、同じ条件下で、動作電流の増大は1000時間以上現れず、ほとんどのサンプルが3000時間以上のレーザ発振寿命を示した。これにより、III族窒化物半導体基板に転位集中領域が存在することがIII族窒化物半導体素子の特性を大きく左右し、各実施形態の構成がIII族窒化物半導体素子の特性向上に有用であることが確認された。

【0069】なお、上記第1~第5の実施形態の構成は、実施形態ごとに示したものに限らず、自由に組み合わせることが可能である。一例をあげれば、コンタクト

層に誘電体膜を設けずに p 型電極をパターンニングする第 1 の実施形態の構成と、基板の下面に誘電体膜を設けて n 型電極を全面に形成する第 2 の実施形態の構成とを、組み合わせることができる。

【0070】また、第 1～第 5 の実施形態においては、リッジ構造の位置つまりレーザ光導波領域の位置を、転位集中領域 X 1 と高ルミネセンス領域 Y 1 の中央の上方に設定しているが、どちらかに寄っていても構わない。実質的にリッジ構造の部分に、転位集中領域 X 3 と高ルミネセンス領域 Y 3 のどちらも含まれていなければよい。さらに、積層構造側の電流注入部としてはリッジ構造に限らず、電極ストライプ型であっても BH 型であってもよい。

【0071】また、第 1 の実施形態では電極 113、114 の位置、第 2～第 5 の実施形態では誘電体層 115、118、119、122 の存在および位置が重要なのであって、他の層の構造や組成は自由に設定することができる。例えば、各実施形態では p 型コンタクト層を第 1 コンタクト層と第 2 コンタクト層の 2 層構造としているが、コンタクト層を 1 層としてもよい。電極についても、III 族窒化物半導体に適合するオーミック電極となるものであれば、どのような材料を用いても構わない。例えば、p 型電極としては、Au/Pd (Pd が半導体側)、Au/Mo/Pd、Au/Pt/Pd、Au/Pt/Mo/Pd、Au/Ni、Au/Mo/Ni/Pd 等を、n 型電極としては、Al/Hf、Al/Ti、Al/Hf/Ti、Al/Zr 等を採用することができる。

【0072】

【発明の効果】本発明の半導体レーザ素子では、レーザ光導波領域が良好な特性を有する上、基板に転位集中領域が存在することに起因する動作電流の増大と電極の材料金属の拡散による劣化を抑えることができるため、動作特性が安定し、レーザ発振寿命も長くなる。

【0073】積層構造の上面に設ける電極や基板の下面に設ける電極を基板の低転位領域の上方や下方のみに位置させるようにすると、電極を形成する工程までは動作電流の増大や材料金属の拡散の防止について特別な配慮は必要でなく、積層構造の作製が容易である。積層構造の上面のうち転位集中領域の上方に位置する部位および基板の下面のうち転位集中領域の下方に位置する部位に電流遮断層を備えるようにしても、電流遮断層を形成する工程までは動作電流の増大や材料金属の拡散の防止についての配慮が必要でなく、積層構造の作製が容易である。また、積層構造の内部のうち基板の転位集中領域の上方に位置する部位に電流遮断層を備えるようにすると、電極の形成に際して動作電流の増大と材料金属の拡散の防止について考慮する必要がなく、電極の形状に制約がなくなる。

【0074】基板の転位集中領域を、上方から見て、積

層構造のレーザ光導波領域と略平行なストライプ状とすると、レーザ光導波領域の形成を含めた積層構造の作製が容易になり、電極や電流遮断層の形成も容易になる。

【0075】電流遮断層の厚さを 1 nm 以上かつ 1 μm 以下とすると、動作電流の増大を確実に防止することができる上、ひび割れや剥がれ等の機械的欠陥が生じるおそれもない。

【0076】転位集中領域をレーザ光導波領域と略平行なストライプ状とする場合、電流遮断層の幅を 5 μm 以上かつ 300 μm 以下とすると、動作電流の増大を確実に防止することができる上、電流遮断層がレーザ光導波領域に導くべき電流の妨げになるのを容易に避けることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 第 1 の実施形態の半導体レーザ素子の作製工程の途中における層構造を模式的に示す縦断面図。

【図 2】 第 1 の実施形態の半導体レーザ素子の作製工程の途中における層構造を模式的に示す縦断面図。

【図 3】 第 1 の実施形態の半導体レーザ素子の構造を模式的に示す縦断面図。

【図 4】 第 2 の実施形態の半導体レーザ素子の作製工程の途中における層構造を模式的に示す縦断面図。

【図 5】 第 2 の実施形態の半導体レーザ素子の構造を模式的に示す縦断面図。

【図 6】 第 3 の実施形態の半導体レーザ素子の作製工程の途中における層構造を模式的に示す縦断面図。

【図 7】 第 3 の実施形態の半導体レーザ素子の作製工程の途中における層構造を模式的に示す縦断面図。

【図 8】 第 3 の実施形態の半導体レーザ素子の構造を模式的に示す縦断面図。

【図 9】 第 4 の実施形態の半導体レーザ素子の作製工程の途中における層構造を模式的に示す縦断面図。

【図 10】 第 4 の実施形態の半導体レーザ素子の構造を模式的に示す縦断面図。

【図 11】 第 5 の実施形態の半導体レーザ素子の作製工程の途中における層構造を模式的に示す縦断面図。

【図 12】 第 5 の実施形態の半導体レーザ素子の構造を模式的に示す縦断面図。

【図 13】 比較例の半導体レーザ素子の構造を模式的に示す縦断面図。

【図 14】 作製中の GaN 基板の一部分を拡大して模式的に示す縦断面図。

【図 15】 作製中の GaN 基板の全体を模式的に示す斜視図。

【図 16】 GaN 基板の一部分の縦断面図。

【図 17】 GaN 基板の一部分の上面図。

【符号の説明】

1、2、3、4、5 半導体レーザ素子

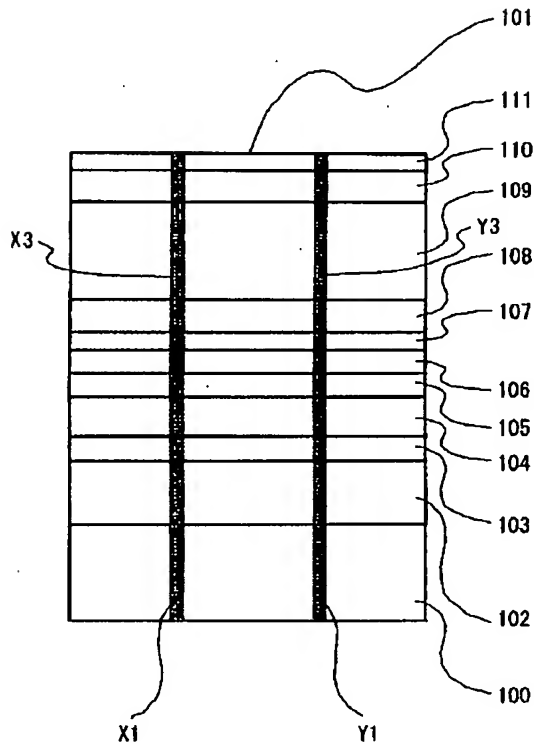
10 n 型 GaN 基板

21 支持基体

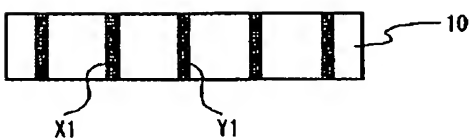
17

- 22 n型Ga_{0.99}N層
 23 {111-22} ファセット面
 24 凹部の最底部
 25 {0001} 面
 100 n型Ga_{0.99}N基板
 101 III族窒化物半導体積層構造
 102 n型Ga_{0.99}N層
 103 n型In_{0.07}Ga_{0.93}Nクラッド防止層
 104 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層
 105 n型Ga_{0.99}N光ガイド層
 106 In_{0.1}Ga_{0.9}N/In_{0.01}Ga_{0.99}N3重
 量子井戸活性層
 107 p型Al_{0.3}Ga_{0.7}Nキャリアブロック層
 108 p型Ga_{0.99}N光ガイド層

【図1】



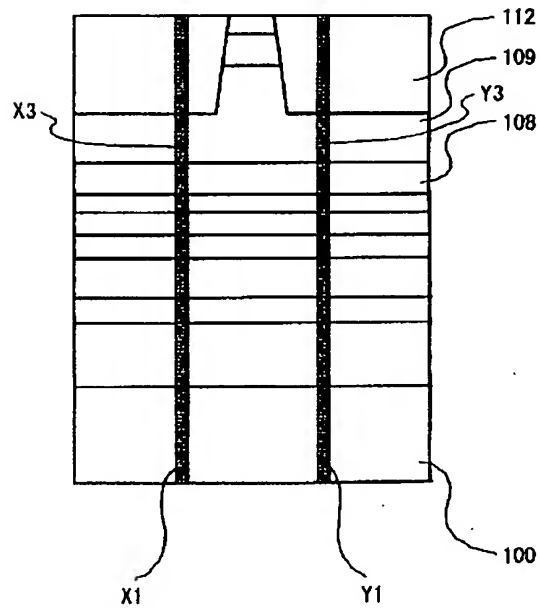
【図16】



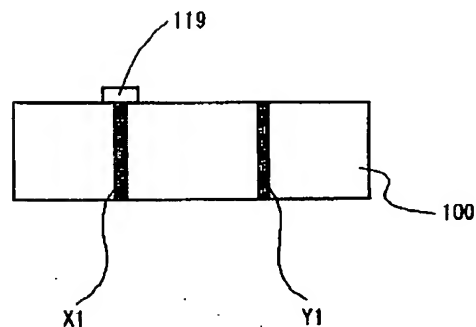
18

- * 109 p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層
 110 p型Ga_{0.99}N第1コンタクト層
 111 p型In_{0.15}Ga_{0.85}N第2コンタクト層
 112 Al_{0.1}Ga_{0.9}N埋め込み層
 113、116 p型電極
 114、117 n型電極
 115、118、119 SiO₂膜
 122 SiO₂層
 X1 基板の転位集中領域
 X2 基板の転位集中領域露出部
 Y1 基板の高ルミネセンス領域
 Y2 基板の高ルミネセンス領域露出部
 X3 積層構造の転位集中領域
 Y3 積層構造の高ルミネセンス領域

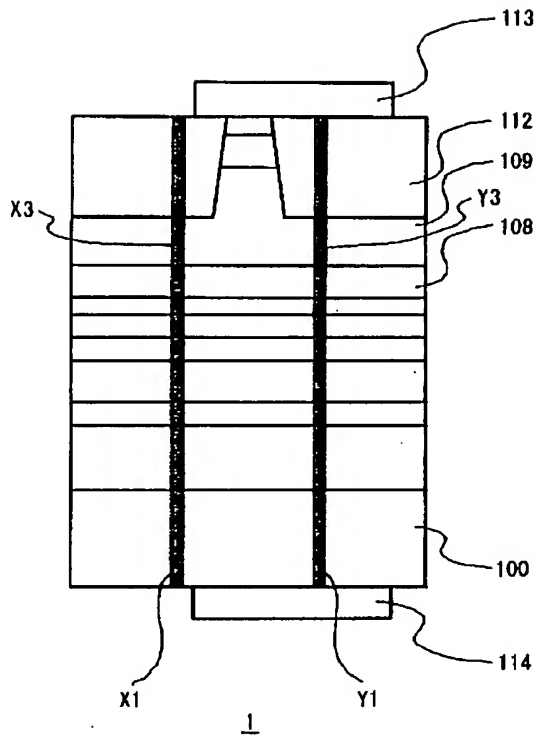
【図2】



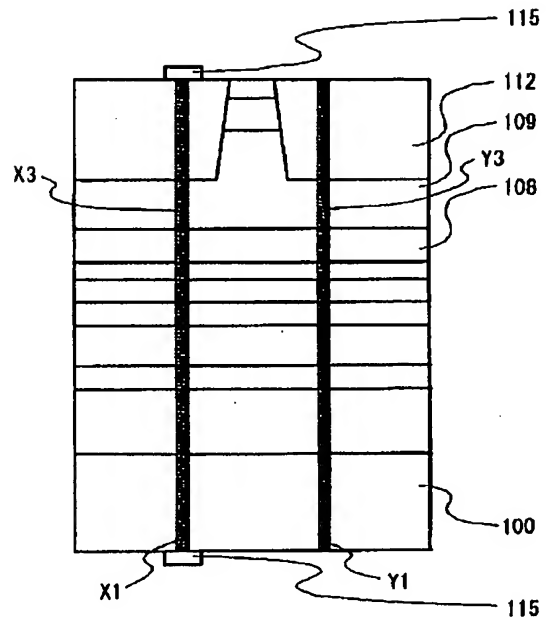
【図9】



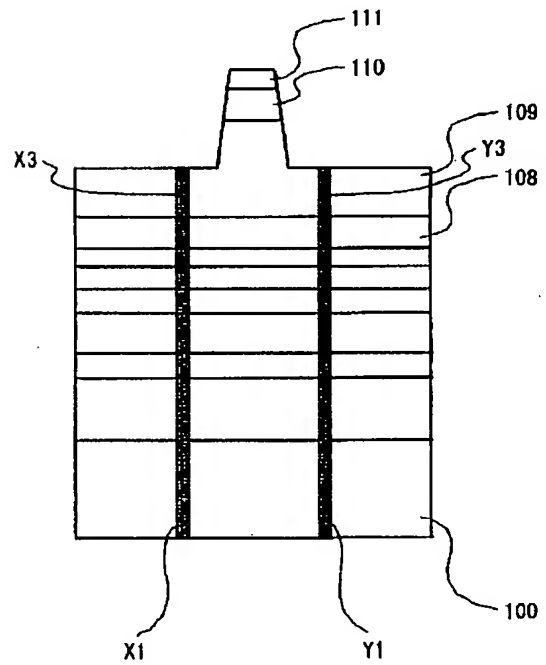
【図 3】



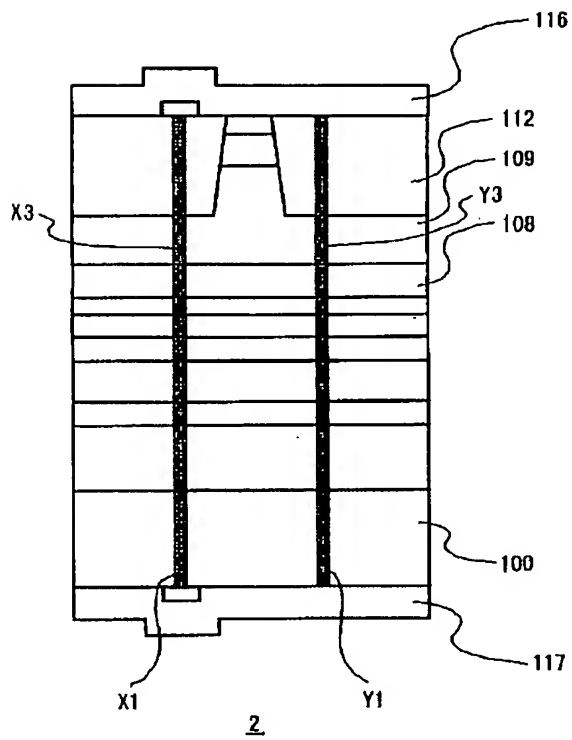
【図 4】



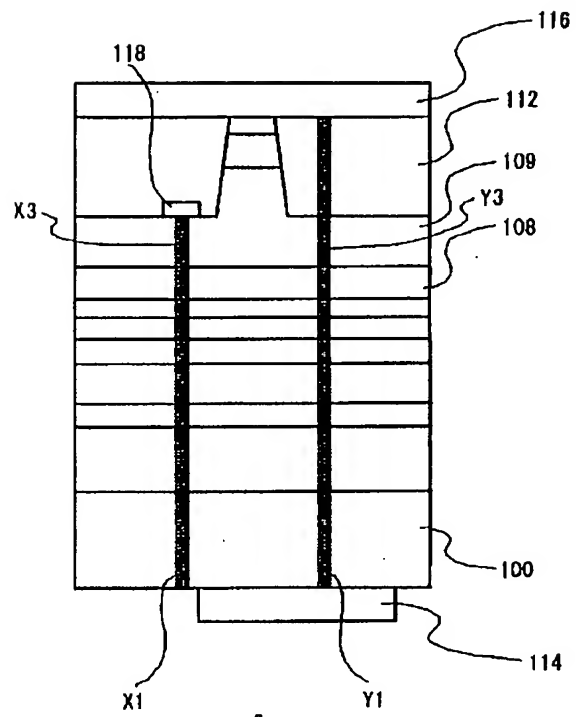
【図 6】



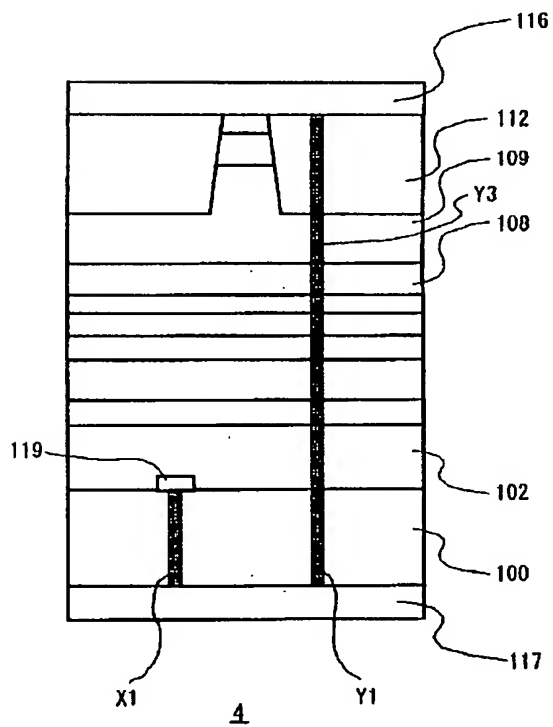
【図 5】



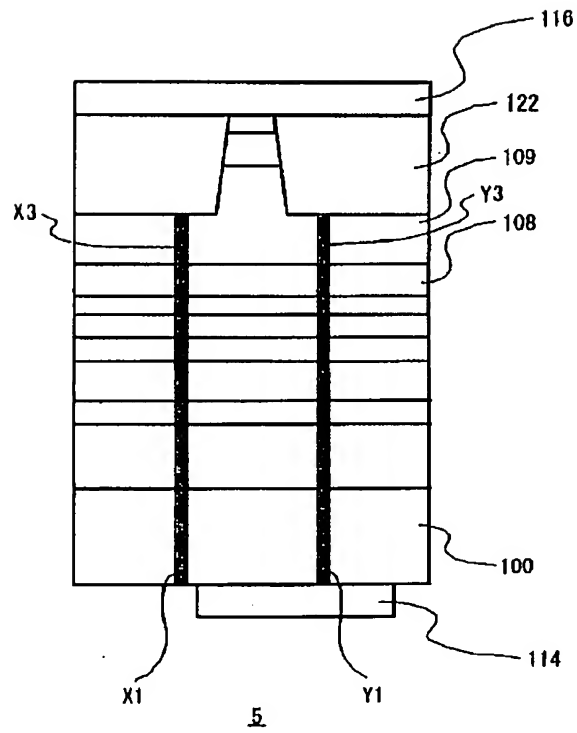
【圖 8】



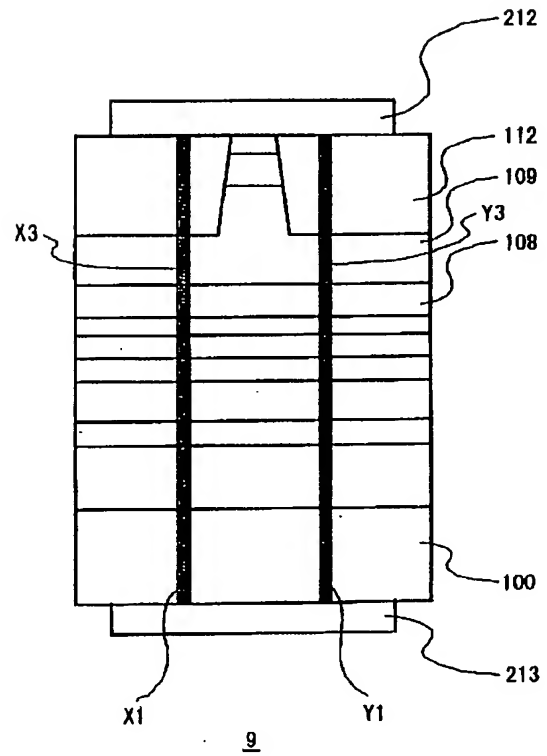
【图 1 1】



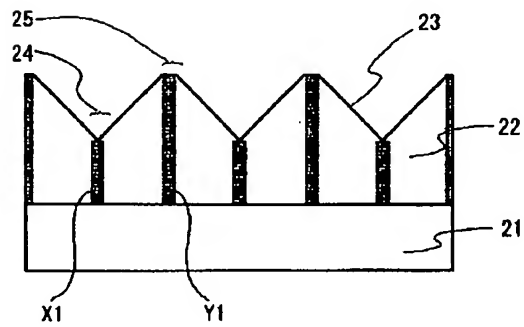
【図 12】



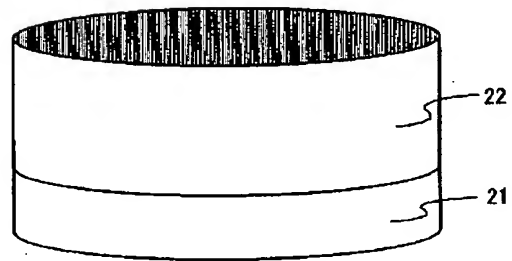
【図 13】



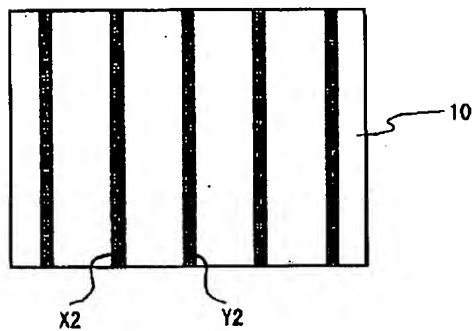
【図 14】



【図 15】



【図 17】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 茂稔
大阪府大阪市阿倍野区长池町22番22号 シ
ャープ株式会社内
(72)発明者 湯浅 貴之
大阪府大阪市阿倍野区长池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72)発明者 種谷 元隆
大阪府大阪市阿倍野区长池町22番22号 シ
ャープ株式会社内
(72)発明者 元木 健作
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内
Fターム(参考) 5F073 AA13 AA45 AA47 AA51 AA61
AA74 CA07 CB02 DA05 DA07
EA27